



# ROTOMOULDING ACADEMY

## **Pourquoi tout le monde est tellement enthousiasmé par le RANDUCT**

Le test d'évaluation de la « cuisson » de la matière par une méthode Ultrason Non Destructive de l'Académie du Rotomoulage (Rotomoulding Academy Non Destructive Ultrasonic Cure Test), offre aux rotomouleurs un incroyable potentiel pour voir et comprendre si leurs produits sont correctement transformés. En supposant bien sûr, que les rotomouleurs utilisent déjà des méthodes de test post-production sur leurs produits. Car, si dans certaines régions du monde cela se pratique tous les jours, dans d'autres endroits très peu ou aucun test n'est fait actuellement. Peut-être cela est-il dû au coût supplémentaire, ou au très faible pourcentage de défaut d'exécution du produit, ou parce que l'importance d'une bonne transformation de la matière sur les propriétés finales des pièces n'est pas toujours bien comprise.

Dans de nombreuses régions du monde, la matière sous forme de poudre pour le rotomoulage, est fournie aux transformateurs prête à l'emploi. Dans d'autres régions, les rotomouleurs composent eux-mêmes le polyéthylène à partir de granulés naturels et produisent la poudre dont ils ont besoin pour rotomouler les pièces, parfois en ajoutant de la couleur et d'autres additifs. Quelle que soit la façon dont vous obtenez le matériau, l'Académie du Rotomoulage pense qu'il est d'une importance capitale que les utilisateurs comprennent parfaitement les propriétés du matériau polyéthylène lorsqu'il est transformé.

## **Effets de la température pour les tests sur pièces moulées**

Quand la température du polyéthylène augmente les molécules acquièrent une plus grande mobilité et le polyéthylène devient plus flexible. C'est pour cette raison que les propriétés du matériau sont souvent dépendantes de la température considérée. A cause de cette sensibilité thermique, les tests de propriétés physiques exigent une régulation précise de la température. Si cela est possible, les tests sur le produit doivent être effectués à une température similaire à celle à laquelle le produit sera soumis pendant son utilisation, quoique dans certaines applications des températures élevées peuvent être utilisées pour accélérer les effets.

Notez également, que les tests effectués après la fabrication de la pièce sont fonction du temps écoulé. Le polyéthylène continue d'évoluer de manière significative après le moulage. Pour tester des pièces de production, deux jeux d'échantillons devront être produits, le premier sera testé dès que l'échantillon aura atteint la température ambiante et le second 24 ou 48 heures plus tard (en ayant maintenu l'échantillon, par exemple, à une température de 20 °C ou 23°C). Ensuite, une courbe de biais est tracée entre les résultats des deux exemplaires, ainsi la production pourra prévoir le résultat final et sera capable de satisfaire le client dans un délai raisonnable. Plusieurs ensembles de données doivent être recueillis pour obtenir une courbe de biais statistique précise, il faudra confirmer régulièrement ces données. De nouvelles courbes de biais devront être calculées pour les changements de type / fabricant de polymère ou les changements significatifs de processus.

## **Effet des propriétés de la poudre**

Généralement, les rotomouleurs utilisent la matière sous forme de poudre. Les caractéristiques de la poudre peuvent avoir une influence sur la distribution du polymère à l'intérieur du moule et influencer la densification du polymère pendant le processus. La caractérisation classique de la poudre se réalise par les tests de coulabilité et de densité apparente. Une nouvelle norme mondiale ARMO a été adoptée par l'industrie du rotomoulage qui utilise dorénavant un équipement avec des tolérances nettement plus strictes, ceci permet des comparaisons précises par rapport au matériau entre les différentes qualités de poudre.

## **Effet des conditions du moulage**

Toutes les propriétés finales de la matière et dès lors de la pièce rotomoulée sont influencées par les conditions de rotomoulage employées pendant le processus de transformation. La variation des conditions de transformation pendant le chauffage et le refroidissement et l'environnement de l'échantillon secondaire entraîneront une variation des propriétés de votre pièce rotomoulée. Les conditions de transformation et les environnements secondaires de l'échantillon devront être maintenus aussi constants que possible en se concentrant sur la température maximale de l'air à l'intérieur du moule (PIAT), la vitesse de refroidissement, l'épaisseur et la température de l'environnement secondaire pour les pièces (afin de permettre une cristallisation complète). Ceux-ci doivent se conformer aux conditions de fabrication types (par ex. la vitesse de refroidissement de pièces placées dans une enceinte est plus lente que la vitesse de refroidissement de pièces étalées sur le sol de l'atelier de production ou même un procédé sur bâti).

### **Test d'impact à basse température**

La procédure la plus communément utilisée pour les tests d'impact est basée sur la méthode de l'ARM qui a été spécifiquement développée pour les produits rotomoulés. La résistance aux chocs d'un échantillon en polyéthylène reflète la capacité du matériau à absorber l'énergie d'un impact. Absorber l'énergie d'un impact est une question de mobilité des molécules et des segments de molécule de polymère, et cette mobilité est fortement influencée par la température du matériau. Les tests de résistance sont donc effectués à basse température (habituellement à -40°C) afin d'obtenir des résultats significatifs.

Dans le rotomoulage, la matière est transformée par le frittage de la poudre, sans cisaillement ni pression pour aider à la fusion des grains. La lente dissolution de l'air, qui était emprisonné au début du cycle entre les grains de poudre, dans le polymère fondu est une part importante du procédé. Si la pièce n'est pas assez « cuite » par manque de température, des petites poches de bulles d'air restent dans le matériau. Ces défauts réduisent de façon significative la résistance au choc du matériau. Par contre, trop de « cuisson » peut causer la dégradation du matériau sur la surface intérieure de la pièce, ce qui va fortement réduire la résistance aux chocs.

Les tests d'impact sont très souvent utilisés en Assurance Qualité ainsi que dans le cadre de la validation de la conformité à une norme. Le test à basse température est réalisé avec un niveau d'énergie défini et donne un résultat de type binaire : succès / échec. Comme la pression à laquelle l'échantillon est soumis est plus grande sur la surface opposée à l'impact, et que trop aussi bien que pas assez de « cuisson » de la matière affecte la surface intérieure, le test d'impact est dès lors appliqué avec la surface intérieure tournée vers le bas. Le résultat du test peut être un succès, indiquant une « cuisson » correcte de la pièce. Les ruptures des échantillons peuvent être de différents types. La rupture ductile qui est un signe de bonne « cuisson » (mais nous devons toujours analyser les chiffres et l'échantillon sur lequel ont été faits les essais avant d'arriver à une conclusion). La rupture fragile qui est corrélée à une « cuisson » très insuffisante ou trop forte de la pièce. La norme AS/NZS 4766 exige des tests d'impact pour l'assurance qualité à intervalles réguliers pour confirmer une « cuisson » correcte et constante des pièces. La résistance aux chocs à basse température indiquée sur les fiches techniques du matériau fournit des informations sur la résistance aux chocs des pièces qui ont été produites dans des conditions optimales. Elle est habituellement obtenue en appliquant un choc sur un grand nombre d'échantillons (20 environ) à différentes énergies d'impact, en respectant une procédure définie (Méthode Bruceton « de l'escalier »). Les résultats sont ensuite évalués statistiquement. La résistance au choc ne peut être déterminée qu'en réalisant un test sur un nombre suffisant d'échantillons.

Les tests de chocs nous permettent de définir la fenêtre de transformation d'un matériau dans le contexte d'une machine particulière ou d'un moule particulier. Bien sûr, aujourd'hui les tests d'impact sont principalement utilisés pour les polyéthylènes. Le RANDUCT sera utile pour d'autres polymères comme PP, PA et EVA dont certains sont fragiles à -40°C, ou sur des structures multicouches. Les tests non destructifs (NDT) seront un plus pour ces matériaux ! Les rotomouleurs qui utilisent régulièrement le test d'impact ont développé une connaissance approfondie de ses avantages, mais il y a quelques challenges :

- Echantillonnage à planifier et destruction de la pièce.
- Donne une information locale et non pas sur l'entièreté de la pièce testée.
- N'est pas précis pour les pièces aux parois très épaisses
- L'équipement pour les tests augmente les dépenses (bien que l'investissement en vaille la peine)
- Dans un environnement industriel il peut être difficile d'aménager le temps nécessaire aux tests



Dans son projet de recherche formelle l'Académie du Rotomoulage prépare un projet soumis par l'ARMA pour développer une nouvelle méthode de test qui pourrait remplacer le test d'impact de l'ARM, utilisé par la plupart des entreprises de rotomoulage dans le monde. L'ARMA a expérimenté un test non destructif qui peut aisément être utilisé en production pendant plus de dix ans. Rapidspray, membre de l'ARMA, a utilisé un appareil disponible dans le commerce (un appareil à ultrasons utilisé par les vétérinaires pour regarder les os des chevaux et du bétail) et s'en est servi pour regarder à travers les parois de leurs produits et voir s'ils pouvaient utiliser les images du test pour confirmer la cuisson de la matière.

C'est devenu un projet de proportions mondiales engageant les leaders de l'industrie. Le fournisseur de matières Total, en Belgique, avait auparavant complété un projet appelé TP-Picture® pour mesurer l'élimination des bulles dans le matériau à différentes températures en utilisant la microscopie. Paul Nugent a fait des recherches considérables pour l'ARM sur la façon dont la dimension, l'emplacement et la quantité des bulles dans la paroi d'une pièce peuvent être mis en relation avec la « cuisson » de la matière, travaux étayés par l'immense banque d'images maintenant accessible.

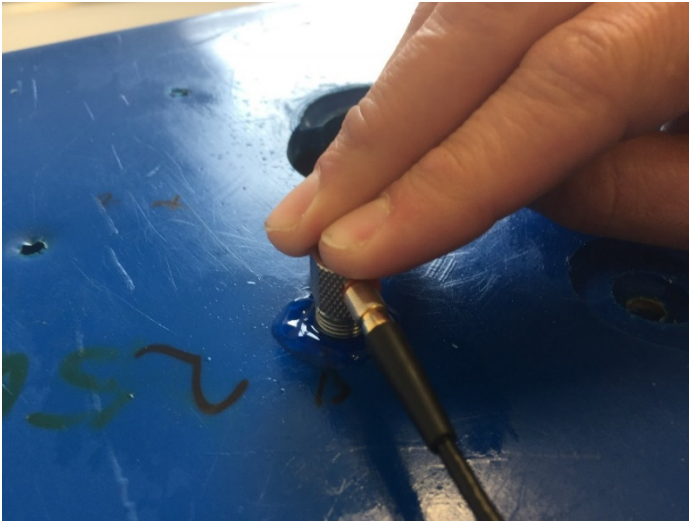
L'Académie du Rotomoulage a identifié et financé un groupe composé des partenaires académiques et techniques les plus expérimentés pour compléter le projet. Les pièces pour évaluation ont été fabriquées par Mark Kearns et son équipe de la Queens University of Belfast en utilisant des matériaux en poudre colorée soit compoundés soit mélangés à sec, et transformés à différents PIAT. Des exemples de pièces insuffisamment, correctement et trop « cuites » ont été incluses dans l'étude.

Pour effectuer les tests ultrasoniques, l'Académie du Rotomoulage a choisi de travailler avec l'Institut de Soudure Industrie, à Saint-Avoid en France. Le Groupe Institut de Soudure fait usage du maximum de compétences, savoir-faire et installations qu'il a à sa disposition – en particulier ceux de son centre Recherche et Développement – pour imaginer les solutions innovantes dont l'industrie aura besoin demain, et les développer à fond jusqu'à leur industrialisation et leur mise en œuvre par le client. L'institut a des experts en tests non destructifs pour l'industrie aérospatiale, mondialement reconnus, qui s'intéressent plus particulièrement aux composites. Lors d'une réunion entre les représentants de l'Académie et de l'Institut, en septembre 2018, il est devenu évident en discutant des nouvelles méthodes d'essais que les ultrasons avaient le plus grand potentiel pour montrer les résultats et être facilement utilisés quotidiennement dans les ateliers de production du monde entier.

L'Institut a utilisé deux méthodes différentes pour investiguer le potentiel dans le cadre du rotomoulage. Soit un test avec sonde ultrasonique isolée (pour mesurer l'écho contre la paroi arrière de l'échantillon) ou FMC/TFM avec une sonde à commande de phase (pour voir les bulles dans l'échantillon juste en dessous de la sonde). Les échantillons de test ont été prélevés des pièces rotomoulées et un test initial a prouvé que les résultats montrés par le mouleur australien Rapidplas pouvaient être reproduites par les méthodes ultrasoniques scientifiques.

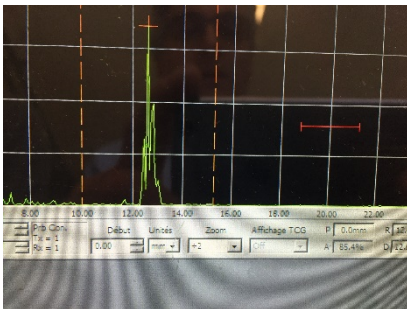
La conclusion des travaux à l'institut indiquait une bonne relation entre les différents types d'échantillons avec l'écho ultrasonique et le PIAT. Une courbe standard pouvait être établie pour chaque type de matériau, par ex. différents PE et les épaisseurs de pièce.

Alors que les tests initiaux ont été effectués avec une sonde de laboratoire très coûteuse, les mesures peuvent être obtenues avec un appareil unique à un coût de 7500 € ou moins. L'écran de résultats de la sonde donne des valeurs déterminées ce qui signifie que le second stade du projet pour identifier un logiciel de reconnaissance d'images pour succès/échec ne sera pas nécessaire. Le stade suivant du projet, actuellement sur le point de démarrer, est de faire les tests d'impact sur les échantillons de la même pièce déjà testée en Ultrason afin de comparer les résultats avec l'estimation de « cuisson » obtenue à l'aide du test NDT. La partie finale du projet sera l'analyse microscopique, par Carla Martins à l'Université de Minho, des pièces pour vérifier la teneur en bulles et la microstructure et ensuite étudier ces résultats en corrélation avec les signaux ultrasons et le PIAT.



### Est-ce que RANDUCT peut nous dire tout ce que nous devons savoir sur la qualité du produit ?

Les tests d'impact nous donnent une très bonne information quant à la bonne qualité de « cuisson » de la matière dans le cycle de rotomoulage. Cette approche nous permet de mettre en évidence également des problèmes de qualité micronisation ou de contamination qui peuvent générer des comportements fragiles lors de ces tests. Ceci devra encore être confirmé dans le cadre d'une approche Ultrason. Quoique finalement le coût de l'équipement des tests à ultrasons sera inférieur à celui d'un montage pour le test d'impact et un congélateur, nous avons toujours besoin de faire en atelier des tests simples de matériau qui aideront à prédire de futurs problèmes de qualité des pièces. Toutefois, il est maintenant clair que les méthodes de test ultrasonique sont possibles pour prouver la qualité des pièces rotomoulées finies de n'importe quelle épaisseur, bien que différentes sondes soient requises pour les pièces très épaisses.



L'équipement pour les tests est un investissement comparativement faible en temps et en argent, et ces derniers sont aisément réalisables pour la production quotidienne. Une pièce peut être rapidement testée à différentes positions donnant de meilleures statistiques sur la régularité d'une machine, lundi/vendredi, nuit/jour, et l'analyse peut être entièrement automatisée. Finalement, la qualité « de cuisson » est enregistrée ainsi que l'épaisseur de la paroi, économisant un test post-production supplémentaire lorsque nécessaire ainsi que l'achat d'un appareil séparé. Cela offrira un énorme potentiel pour accroître l'usage des tests dans les ateliers de rotomoulage partout dans le monde

et permettra de considérer le rotomoulage moins comme un "art" et plus comme une "science" répondant aux attentes des clients, et nous aidant à soutenir la compétition avec d'autres types de fabrication du plastique qui recherchent une plus grande sécurité dans la qualité finale du produit.

Les partenaires de l'Académie du Rotomoulage sont à juste titre fiers d'avoir été les champions du projet et pensent pouvoir dans un futur proche publier un package pour l'industrie mondiale qui inclura les détails de l'équipement le plus approprié et une méthode de test détaillée.